

С. Н. ЛАВРИНЕНКО, канд. техн. наук, Харьков, Украина

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛМАЗНОГО ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ БИОМЕДИЦИНСКИХ ПОЛИМЕРОВ

У технологічних процесах лезової обробки аморфних термопластичних полімерних матеріалів біомедицинського та оптичного призначення використання у якості інструментального матеріалу природного монокристала алмаза є вирішальним фактором, який зумовлює якість поверхневого шару, що формується у процесі контрольованого спрямованого руйнування, яка забезпечує високий рівень експлуатаційних характеристик готових виробів.

В технологических процессах лезвийной обработке аморфных термопластичных полимерных материалов биомедицинского и оптического назначения использование в качестве инструментального материала природного монокристалла алмаза является решающим фактором, который определяет качество формируемого в процессе контролируемого направленного разрушения поверхностного слоя, обеспечивая высокий уровень эксплуатационных характеристик готовых изделий.

S. N. LAVRINENKO

FEATURES OF APPLICATION THE DIAMOND EDGE CUTTING TOOL AT PROCESSING BIOMEDICAL POLYMERS

Using of natural monocrystal diamond as cutting tool material in technological process of single-point cutting of amorphous thermoplastic polymeric materials for biomedical and optical application is the decisive factor which determined the surface layer quality by directional controlled fracture of polymer and provided the high level of operating characteristics of complete product.

При лезвийной обработке аморфных термопластичных полимерных материалов биомедицинского и оптического назначения выбор инструментального материала и определение оптимальных геометрических параметров режущего клина является решающим фактором, который определяет качество формируемого в процессе контролируемого направленного разрушения поверхностного слоя. Полученное качество обработанной поверхности в свою очередь определяет эффективность эксплуатационных показателей готового изделия – характеристики водопоглощения и смачиваемости, поверхностного электрохимического потенциала, показатели по-

верхностного и внутреннего отражения оптических лучей, светопотери в поверхностном слое, радиационную стойкость и долговечность и др.

Влияние инструментального материала на качество образующегося поверхностного слоя полимерных изделий определяется физико-химическим взаимодействием инструментального и обрабатываемого материалов. Низкая твердость термопластичных полимеров, характер их деформации и разрушения в процессе резания, предполагает кинематическое копирование аморфным обрабатываемым материалом поверхностной структуры инструментального материала. Таким образом, инструментальный материал, обладающий более упорядоченной поверхностной структурой и, следовательно, минимальной шероховатостью режущей кромки, будет обеспечивать стабильно высокое качество обработанной поверхности. Причем упорядоченность этой структуры должна сохраняться возможно более длительное время, а сама поверхность - обладать низкими адгезионными свойствами, предотвращающими налипание частиц обрабатываемого материала и связанные с этим нарушения поверхностного слоя.

Считается, что режущий клин алмазного инструмента после оптимальной заточки и тщательной доводки имеет радиус округления режущей кромки в пределах $\rho = 0,5...1,5$ мкм. Но в реальности это не радиус, а геометрически развитый микрорельеф с большим количеством "сверхострых" микрокромки, что видно при исследовании режущей кромки на атомарно-силовом микроскопе (рис. 1).

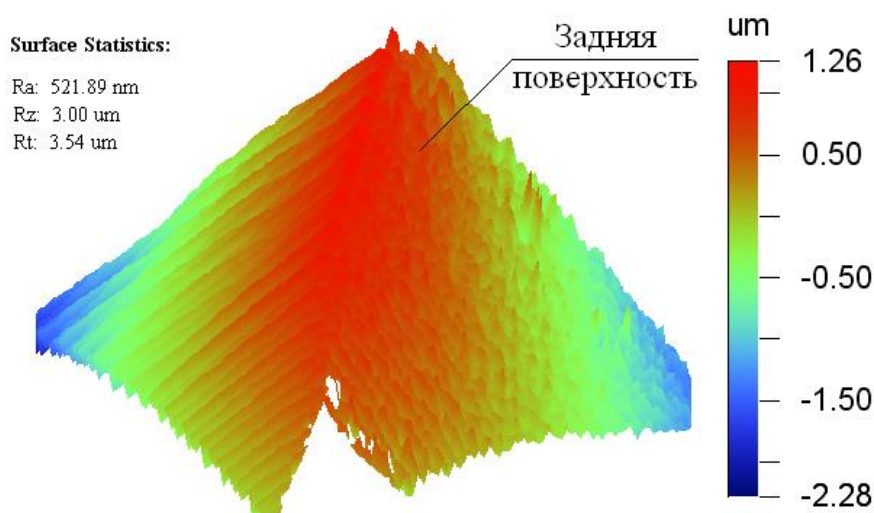


Рисунок 1 – Профиль режущей кромки инструмента из природного монокристалла алмаза

Очень четко наличие "сверхострых" режущих кромок, составляющих главную режущую кромку наблюдается на топограммах и профилограммах участков передних поверхностей алмазных резцов различных фирм-производителей с различным качеством доводки и различной геометрией режущей части, которые представлены на рисунке 2.

Как результат, мы имеем взаимодействие определенного количества "сверхострых" микрокромки, расположенных по периметру участка главной режущей кромки режущего клина с обрабатываемым полимерным материалом. Эти микрокромки определяют характер направленного разрушения и формируют микро- и наногеохимию обработанной поверхности аморфных полимеров. При малых сечениях среза микрогеометрический характер высоты и расположения микрокромки на задней поверхности алмазного резца практически без искажения копируется на обработанной им поверхности полимера.

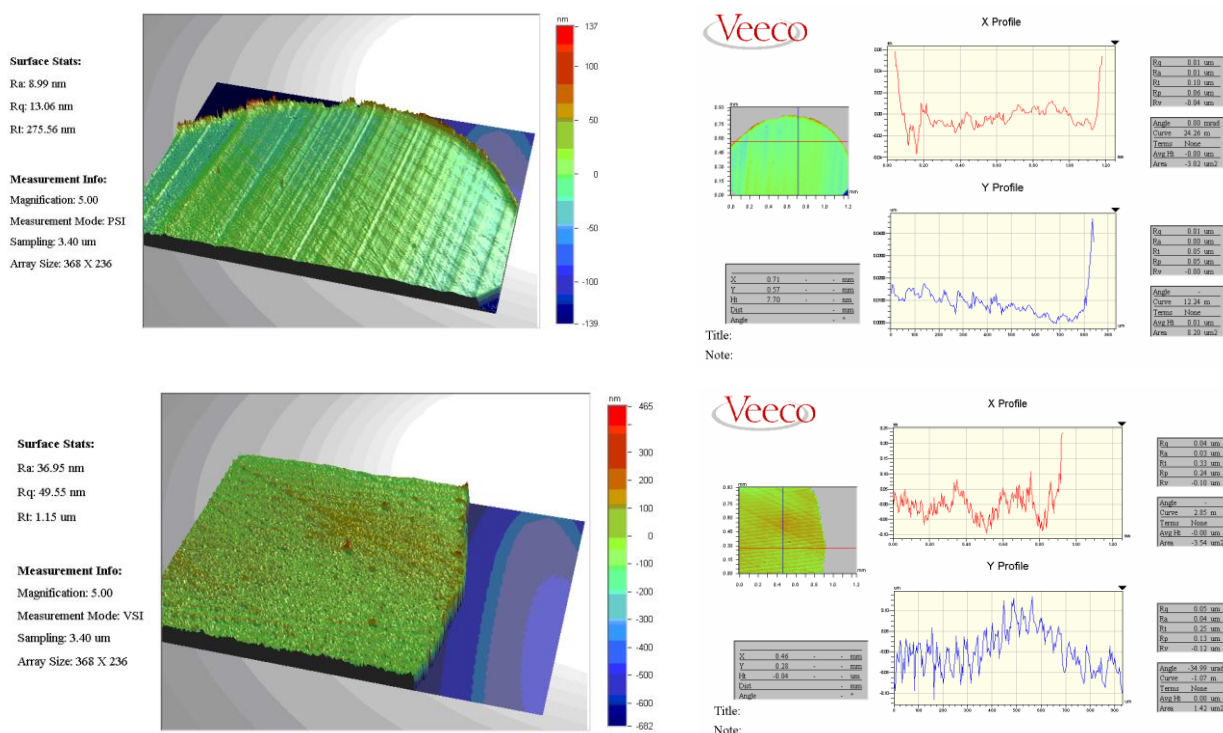


Рисунок 2 – Топограммы и профилограммы участков передних поверхностей алмазных резцов со "сверхострыми" режущими кромками, составляющими главную режущую кромку

Для сравнения резцовая вставка серийного производства, оснащенная искусственным алмазным сверхтвердым материалом марки СКМ-Р, передняя поверхность которой представлена на рисунке 3, имеет более развитый рельеф поверхности по сравнению с природным алмазом и имеет

"заваленную" режущую кромку, что можно трактовать как выраженный радиус ее округления. Еще более четко радиус при вершине наблюдается у доведенной резцовой вставки из мелкозернистого твердого сплава марки ВК6М (см. рис. 4).

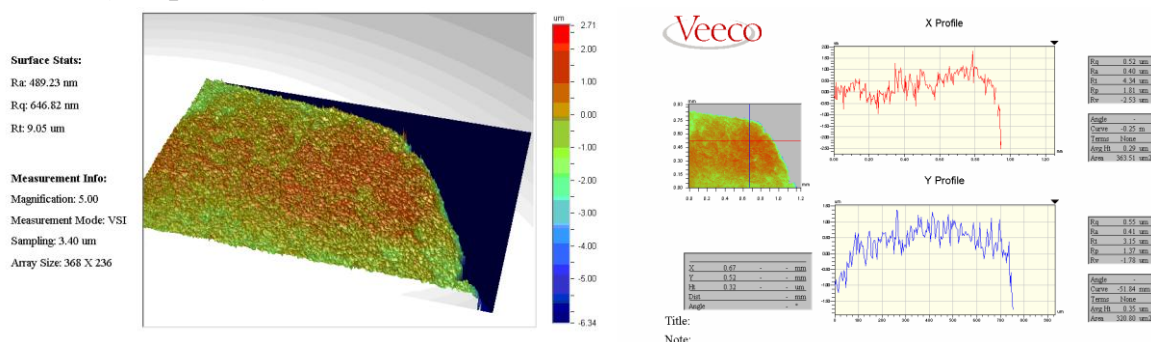


Рисунок 3 – Топограмма и профилограммы передней поверхности доведенной резцовой вставки, оснащенной СКМ-Р

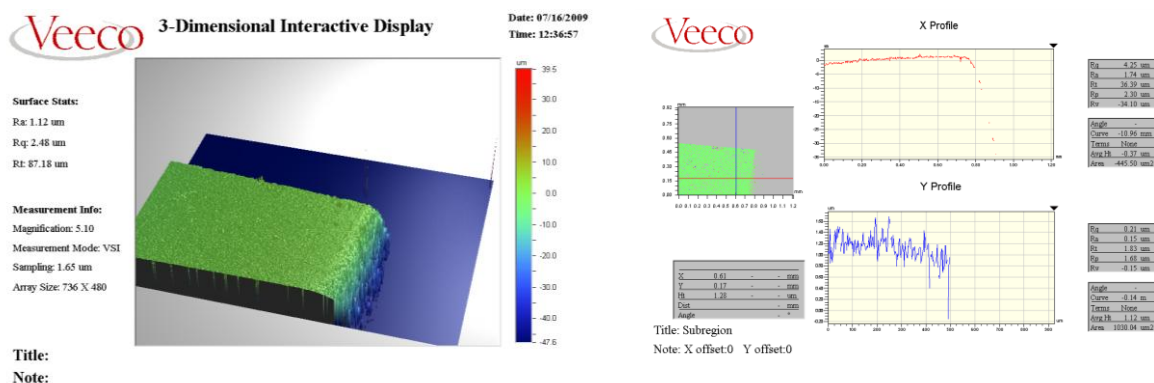


Рисунок 4 – Топограмма и профилограммы передней поверхности резцовой вставки из мелкозернистого твердого сплава марки ВК6М

В результате исследования большого числа различных резцовых алмазных вставок ведущих мировых производителей, а также на основании анализа различных информационных источников [1-5], автором был сделан вывод, что наилучшими эксплуатационными свойствами обладают инструменты, оснащенный резцовой вставкой из природного остроугольного монокристалла алмаза октаэдрического габитуса, относящегося к типу II б по физической классификации и отобранного по специальной методике с учетом его кристаллографических и диэлектрических характеристик при условии отсутствия фотолюминесценции. Таким образом, монокристаллы алмаза для изготовления ультрапрецизионного инструмента должны отбираться по специальной методике, которая бы обеспечивала соблюдение перечисленных выше требований. Резцовые вставки из таких монокристаллов при правильной пространственной ориентации являются наи-

более прочными, обладают однородной структурой кристаллической решетки без посторонних включений и высоким коэффициентом низкотемпературной теплопроводности $\lambda_{\text{Пб}}=1,9 \cdot 10^3$ Вт/(м·К) при $T=320^\circ\text{K}$ [6, 7], на порядок превышающим общепринятые справочные данные ($\lambda_{\text{спр}}=146,5$ Вт/(м·К) [8, 9]), которые являются, видимо, усредненными для всех типов кристаллов алмаза. Следует отметить, что в данном случае именно низкотемпературная теплопроводность алмаза имеет решающее значение, так как уровень температур в зоне резания оптических полимеров не должен превышать критическую температуру начала тепловой реструктуризации макромолекулярных линейных комплексов (например, $T_k \approx 350^\circ\text{K}$ для полистирола), являющейся границей перехода стеклообразного аморфного полимера в вязко-текучее состояние.

На рис. 5 представлена профилограмма передней грани, а на рис. 6 - задней поверхности привершинной зоны резцовой вставки из природного монокристалла алмаза, отобранного из партии вставок исходя из изложенного выше принципа соответствия монокристалла алмаза типу II б, со следующими геометрическими параметрами режущей части: передний угол $\gamma = 0^\circ$, главный задний угол $\alpha = 12^\circ$, радиус при вершине $r = 1,5$ мм.

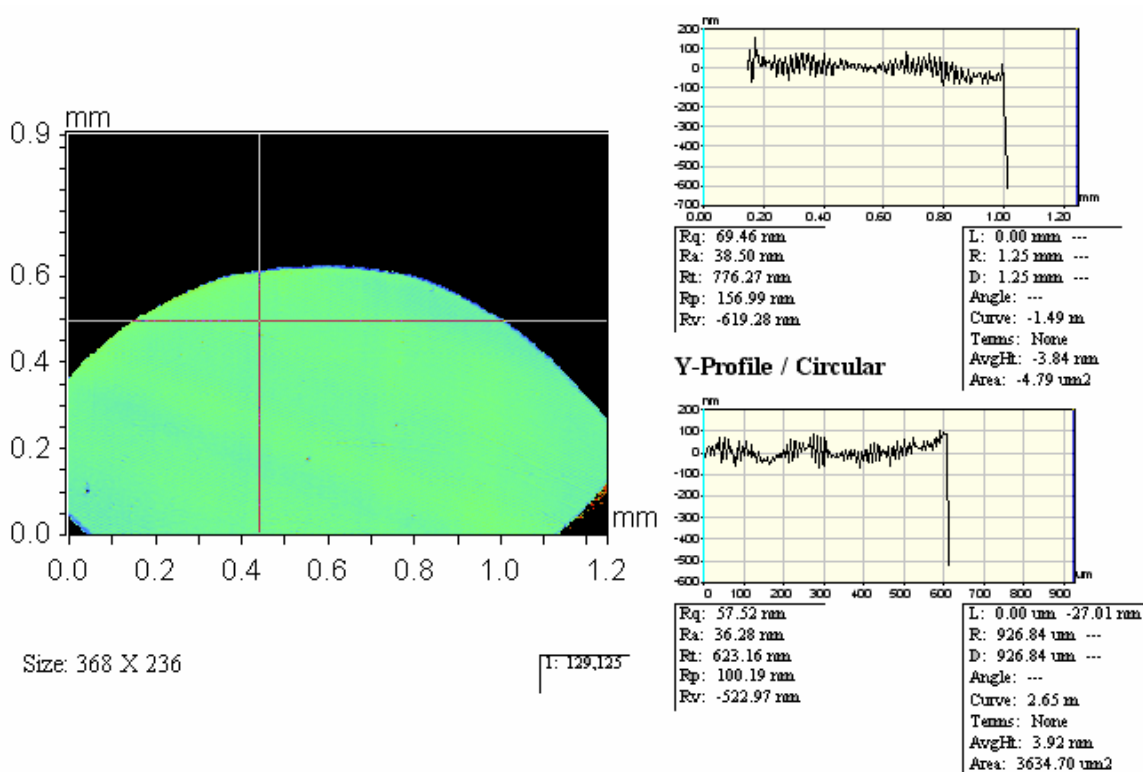


Рисунок 5 – Профилограмма передней поверхности алмазной вставки, оснащенной монокристаллом алмаза типа IIб

По результатам профилометрирования шероховатость передней поверхности по параметру среднеарифметического отклонения профиля составляет $Ra = 38,5$ нм по оси x и $Ra = 36,28$ нм по оси y , а значение шероховатости задней поверхности $Ra = 27,91$ нм.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в макромасштабе аморфные термопластичные полимеры копируют участок главной режущей кромки алмазного резца, а в микро- и наношкале, мы имеем очень сложную картину этого взаимодействия, которая усложняется такими факторами, как вибрации и периодический характер процесса направленного разрушения снимаемого слоя, а также другими факторами.

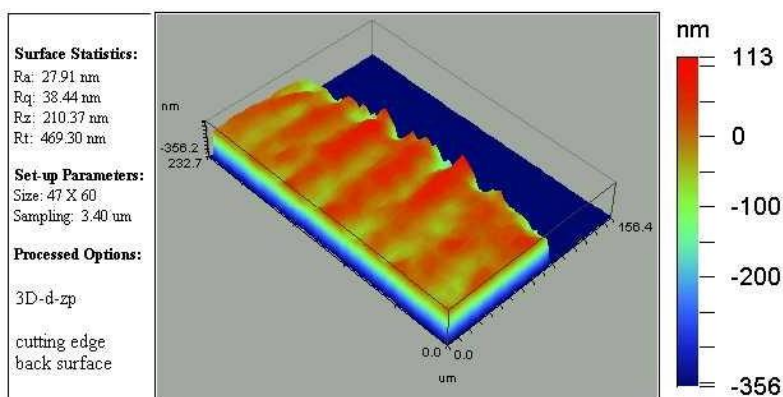


Рисунок 6 – Профилограмма задней поверхности алмазной вставки, оснащенной монокристаллом алмаза типа Пб

Следует отметить, что применение ультрапрецизионного инструмента из специально отобранного монокристалла природного алмаза с высоким качеством доводки режущих граней позволяет обеспечивать высокие эксплуатационные показатели готовых изделий биомедицинского назначения, определяемые характеристиками сформированного поверхностного слоя полимера, а именно: низкий уровень водопоглощения, смачиваемости и поверхностного электрохимического потенциала; высокие показатели поверхностного и внутреннего отражения оптических лучей; низкие светопотери в поверхностном слое; высокую радиационную стойкость и долговечность готового изделия.

Учитывая относительно высокую стоимость инструмента из природного монокристалла алмаза, можно рекомендовать на операциях черновой лезвийной обработки специально доведенные резцовые вставки, оснащенные СКМ-Р, или использовать мелкозернистый твердый сплав. При этом следует отметить, что при использовании твердого сплава достаточно легко обеспечить большую величину переднего угла ($\gamma = 5...10^\circ$), который

обеспечивает более эффективное контролируемое направленное разрушение снимаемого слоя обрабатываемого полимерного материала и позволяет уменьшить уровень остаточных внутренних напряжений в обработанном поверхностном слое.

Список использованных источников: 1. Карбань В.И. Анизотропия обрабатываемости монокристаллов / В.И. Карбань, В.В. Рогов, А.И. Карбань и др. // Сверхтвердые материалы. – 1981. – № 2. – С. 14–17. 2. Несмелов А.Ф. Алмазные инструменты в промышленности / Несмелов А.Ф. – М.: Машиностроение, 1964. – 343 с. 3. Новиков Н.В. Трещиностойкость монокристаллов алмаза / Н.В. Новиков, С.Н. Дуб, В.И. Мальцев // Сверхтвердые материалы. – 1992. – № 5. – С. 6–11. 4. Hurt H.H. Tribological Considerations of the Diamond Single-Point Tool / H.H. Hurt, D.L. Decker // Proc. of the SPIE. – 1984. – Vol. 508. – P.126–131. 5. Yuan Z.J. Effect of Diamond Tool Sharpness on Minimum Cutting Thickness and Surface Integrity in Ultraprecision Machining / Z.J. Yuan, M. Zhou, S. Dong // J. of Mat. Proc. Technol. – 1996. – Vol. 62. – P.327–330. 6. Vandersande J.W. Low temperature thermal conductivity of natural type II diamond / J.W. Vandersande // Diamond Res. – 1974. – P. 21–24. 7. Burgemeister E.A. Thermal conductivity of natural diamond between 320°K and 450°K / E.A. Burgemeister // Physics B. – 1978. – № 2. – P. 165–179. 8. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел / Г. Карслоу, Д. Егер/ – М.: Наука, 1964. – 487 с. 9. Васильев Л.А. Алмазы, их свойства и применение / Л.А. Васильев, З.П.Белых. – М.: Недра, 1983. – 101 с.

Bibliography (transliterated): 1. Karban' V.I. Anizotropija obrabatyvaemosti monokristallov / V.I. Karban', V.V. Rogov, A.I. Karban' i dr. // Sverhtverdye materialy. – 1981. – № 2. – S. 14–17. 2. Nesmelov A.F. Almaznye instrumenty v promyshlennosti / Nesmelov A.F. – M.: Mashinostroenie, 1964. – 343 s. 3. Novikov N.V. Trewinostojkost' monokristal-lov almaza / N.V. Novikov, S.N. Dub, V.I. Mal'cev // Sverhtverdye materialy. – 1992. – № 5. – S. 6–11. 4. Hurt H.H. Tribological Considerations of the Diamond Single-Point Tool / H.H. Hurt, D.L. Decker // Proc. of the SPIE. – 1984. – Vol. 508. – P.126–131. 5. Yuan Z.J. Effect of Diamond Tool Sharpness on Minimum Cutting Thickness and Surface Integrity in Ultraprecision Machining / Z.J. Yuan, M. Zhou, S. Dong // J. of Mat. Proc. Technol. – 1996. – Vol. 62. – P.327–330. 6. Vandersande J.W. Low temperature thermal conductivity of natural type II diamond / J.W. Vandersande // Diamond Res. – 1974. – R. 21–24. 7. Burge-meister E.A. Thermal conductivity of natural diamond between 320oK and 450oK / E.A. Burgemeister // Physics B. – 1978. – № 2. – R. 165–179. 8. Karslou G. Teploprovodnost' tverdyh tel / G. Karslou, D. Eger/ – M.: Nauka, 1964. – 487 s. 9. Vasil'ev L.A. Almazy, ih svojstva i primenenie / L.A. Vasil'ev, Z.P.Belyh. – M.: Nedra, 1983. – 101 s.